

TRANSPORTMINISTERIET

## TRÆNGSELSINDIKATORER

TEKNISK DOKUMENTATIONSNOTAT

ADRESSE COWI A/S  
Parallevej 2  
2800 Kongens Lyngby  
Danmark

TLF +45 56 40 00 00

FAX +45 56 40 99 99

WWW cowi.dk

### INDHOLD

1	Indledning	2
2	Overordnet fremgangsmåde	2
3	Overordnede rammer	2
3.1	Forudsætninger	2
3.2	Afgrænsninger	3
4	Datagrundlag	4
4.1	Vejnet	4
4.2	Trafiktal	6
4.3	GPS-data	7
4.4	Kommunekort	9
5	Metode	9
5.1	Opgørelse af trængsel	9
5.2	Samfundsøkonomiske omkostninger	14
6	Referencer	17

PROJEKTNR. A021078  
DOKUMENTNR. A021078-3  
VERSION 1.0  
UDGIVELSESDATO 24. april 2012  
UDARBEJDET SIBO  
KONTROLLERET JTH  
GODKENDT KSP

## 1 Indledning

Nærværende notat er udarbejdet af COWI for Transportministeriet. Sammen med hovedrapporten udgør notatet dokumentation for projektet "Trængselsindikatorer", som blev gennemført i perioden fra november 2011 til april 2012.

I notatet beskrives den anvendte tilgang og metode til beregningerne af vejtrafikens trængsel, og der fokuseres på den tekniske dokumentation af metoden.

Der henvises til hovedrapporten for en overordnet beskrivelse af projektet og for præsentation af beregningsresultaterne.

## 2 Overordnet fremgangsmåde

Til beregning af trængsel i Hovedstadsregionen anvendes vejnettet fra Landstrafikmodellen, som foruden geometri bl.a. indeholder oplysninger om hverdagsdøgntrafik (HDT). Vejnettet inddeles i delstrækninger, og der placeres såkaldte *virtuelle portaler* mellem delstrækningerne.

Ved hjælp af GPS-data fra 3×34 Transport beregnes free flow hastigheden samt middelhastigheden i forskellige tidsrum på hver enkelt delstrækning. Det sker i praksis ved at lade et egenudviklet program gennemløbe alle GPS-data og tjekke, hvornår køretøjerne passerer de virtuelle portaler. På grundlag af de beregnede hastigheder opgøres den gennemsnitlige forsinkelse for hver delstrækning, ligesom det beregnes i hvilket omfang, den enkelte delstrækning er udsat for trængsel.

Forsinkelserne opregnes på baggrund af trafiktal fra Landstrafikmodellen, så der for hver delstrækning er et tal for den samlede forsinkelse (målt i tid) hvert døgn. Denne beregning er opdelt på forskellige tidsrum, da både forsinkelser og trafikarbejde varierer hen over døgnet.

De samlede forsinkelser for delstrækningerne summeres – enten for hele området eller for delområder – og de videre transportøkonomiske beregninger kan herefter foretages.

Tilgangen med anvendelse af GPS-data ligger i tråd med den anbefaling, der blev givet til fremtidig belysning af trængsel i Projekt Trængsel. Her blev der således peget på, at en bilflåde udstyret med GPS vil være den mest kosteffektive metode til opgørelse af trængsel.

## 3 Overordnede rammer

### 3.1 Forudsætninger

Beregningsperiode

Trængslen opgøres for normale hverdage i 2010. Unormale hverdage, hvor trafikmønstrene er anderledes, medtages ikke i analysen. Det drejer sig om alle ferie- og helligdage samt alle dage i januar, februar og december, hvor vintervejret har påvirket trafikken.

Tidsrum

Opgørelsen gennemføres særskilt for følgende tidsrum:

- › Morgenspidsperiode (kl. 7-9)
- › Eftermiddagsspidsperiode (kl. 15-18)
- › Øvrige dagtimer (inden for kl. 06-20)

Der laves ingen opgørelse af trængsel i tidsrummet fra 20-06, da det antages at tætheden i dette tidsrum generelt er ubetydelig og uden væsentlig gene for trafikanterne.

#### Trængselsniveauer

I dette projekt anvendes den samme inddeling af trængsel, som blev anvendt i Projekt Trængsel i 2004, men her udelukkende baseret på hastigheder. Således inddeles trængslen i tre niveauer med følgende definitioner:

- › **Ubetydelig og begyndende trængsel**  
Den enkelte trafikant oplever, at tætheden af trafikken er ubetydelig eller kun til mindre gene, og rejsetiden er ikke væsentligt nedsat (middelhastigheden er mindst 80 % af free flow hastigheden).
- › **Stor trængsel**  
Den enkelte trafikant oplever både generende tæthed og forsinkelse, og rejsehastigheden er væsentligt nedsat (middelhastigheden er mindre end 80 %, men højere end 40% af free flow hastigheden).
- › **Kritisk trængsel**  
Den enkelte trafikant oplever, at trafikken afvikles ustabilt ved "stop-and-go", at rejsetiden uforudsigelig og at rejsehastigheden er lav (middelhastigheden er højst 40 % af free flow hastigheden).

#### Free flow

Free flow hastigheden, som også kaldes den fri hastighed, er den rejsehastighed, som opnås, når et køretøj kører uhindret på en strækning – dog inden for færdselslovens rammer.

I det aktuelle projekt beregnes free flow hastigheden for hver enkelt delstrækning som 90 % fraktilen af de beregnede rejsehastigheder over hele døgnet. Altså er det den hastighed, som kun 10 % overskrider. Når den højeste hastighed ikke anvendes, er det for at undgå de tilfælde, hvor en chauffør eventuelt har kørt lidt for friskt.

I tilfælde, hvor den målte free flow hastighed er større end hastighedsbegrænsningen, anvendes i stedet denne (se nærmere forklaring i afsnit 4.1).

### 3.2 Afgrænsninger

#### Geografi

Trængslen opgøres for Hovedstadsregionen, som her udgøres af Københavns og Frederiksberg Kommuner samt de tidligere Københavns, Frederiksborg og Roskilde amter. Området afgrænses således mod vest og syd af Halsnæs, Frederikssund, Lejre, Køge og Stevns kommuner.

#### Vejnet

Til analysen anvendes det vejnet i Hovedstadsregionen, som indgår i Landstrafikmodellen 2010 (version 0.1). Trængslen bliver alene opgjort for dette vejnet, og al forsinkelse, som sker på det øvrige vejnet, medregnes således ikke.

Et kort over vejnettet samt yderligere detaljer fremgår af afsnit 4.1.

## Trafiktype

Projektet er desuden afgrænset til at betragte trængsel fra vejtrafik. Dette er parallelt med den afgrænsning, som blev anvendt i "Projekt Trængsel".

Opgørelsen af trængsel omfatter forsinkelsestimer for alle køretøjer, men der er ikke indsamlet data, som muliggør specialanalyser for bustrafikken.

## 4 Datagrundlag

### 4.1 Vejnet

Til trængselsopgørelsen anvendes det vejnet fra Landstrafikmodellen 2010 (version 0.1), som ligger i Hovedstadsregionen. Det samlede beregningsvejnet fremgår af Figur 1, mens et detaljeret udsnit af vejnettet i Københavnsområdet fremgår af Figur 2.

Foruden geometri indeholder vejnettet fra Landstrafikmodellen oplysninger om bl.a. hverdagsdøgntrafik (HDT) på alle vejstrækninger. Det udnyttes i denne opgave til at opskalere middelforsinkelser til total forsinkelse.

Vejnettet indeholder bl.a. også oplysninger om fri hastighed, men da en stikprøvekontrol af disse værdier gav anledning til bekymring om oplysningernes nøjagtighed og rigtighed, er det besluttet *ikke* at anvende dem i analysen. I stedet anvendes free flow hastigheder beregnet på baggrund af GPS-data.

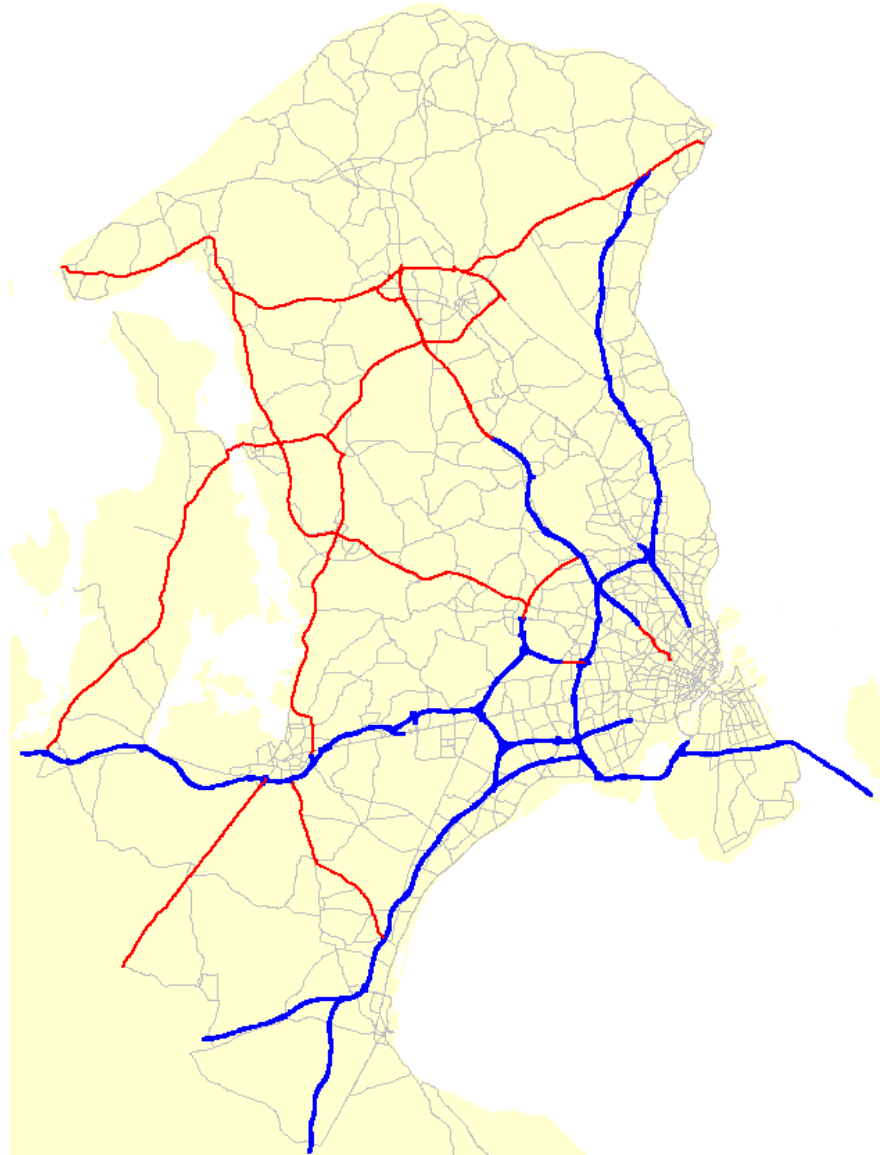
Oplysninger om vejtype er tilføjet manuelt til beregningsvejnettet på baggrund af et kort fra Vejdirektoratets hjemmeside<sup>1</sup>, som er downloadet 27. januar 2012.

Desuden er der manuelt tilføjet oplysninger om en hypotetisk maksimal skiltet hastighed. Denne hastighed er for motorveje sat til 110 km/t, mens den for alle øvrige veje er sat til 80 km/t. Hvis den beregnede free flow hastighed overskrider den maksimale skilte hastighed, benyttes i stedet denne. Formål med dette er dels at sikre, at eventuelle ekstreme værdier af de beregnede free flow hastigheder ikke får signifikant betydning for analysens resultater, og dels at undgå, at eventuelle hastighedsoverskridelser uden for myldretiderne ikke får det til at se ud som om, at der relativt set køres meget langsomt i myldretiderne.

Anvendelse af Landstrafikmodellen har den fordel, at det sikrer en god og fremtidssikret adgang til trafiktal for strækninger, hvor der ikke foreligger trafiktællinger.

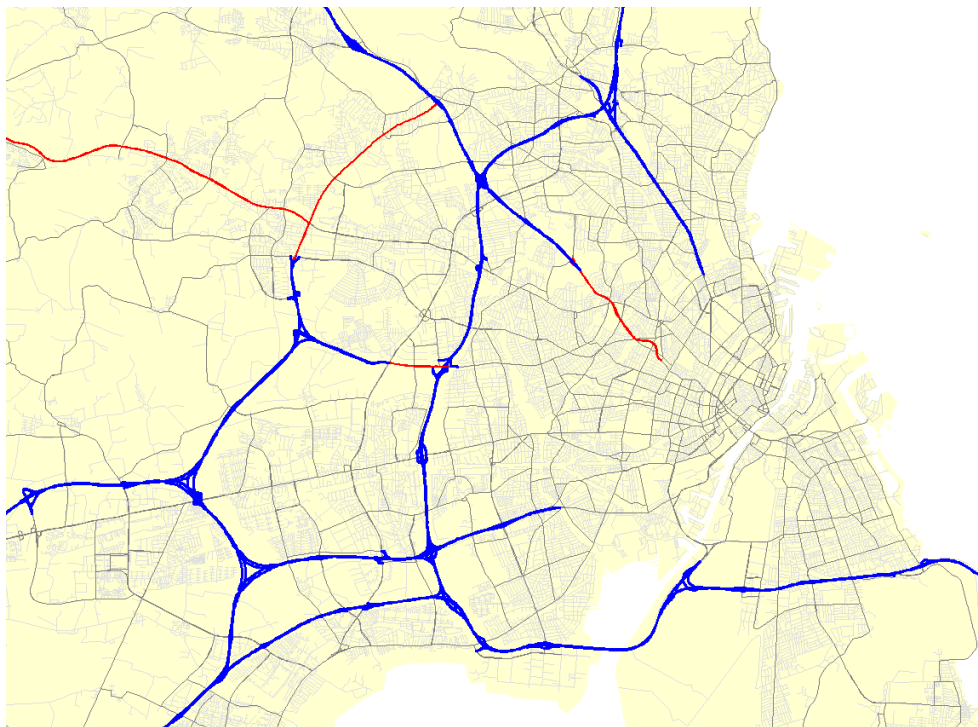
---

<sup>1</sup> [www.vejsektoren.dk/pdf/DK\\_Statsvej\\_farve%20Vejcenter\\_01\\_11\\_2009\\_1525x1810.pdf](http://www.vejsektoren.dk/pdf/DK_Statsvej_farve%20Vejcenter_01_11_2009_1525x1810.pdf)



*Figur 1* Beregningsvejnettet består af det vejnet fra Landstrafikmodellen, som ligger i Hovedstadsregionen. Oplysninger om vejtype stammer fra et kort fra Vejdirektoratet (se fodnote 1 på side 4).

*Blå: Motorveje. Rød: Øvrige statsveje. Mørk grå: Kommuneveje.*



Figur 2 *Beregningsvejnettet i Københavnsområdet. Veje vist med lys grå farve indgår ikke i beregningsvejnettet. Oplysninger om vejtype stammer fra et kort fra Vejdirektoratet (se fodnote 1 på side 4).*

*Blå: Motorveje. Rød: Øvrige statsveje. Mørk grå: Kommuneveje.*

## Fejl og u hensigtsmæssigheder

I den anvendte version af Landstrafikmodellen er der konstateret en række fejl ved vejnettet. Fejlene omhandler hovedsageligt oplysninger om trafikmængder (HDT), idet der for nogle parallelle vejstrækninger i trafikmodellen tydeligvis sket en fejlfordeling af trafikken mellem de to veje.

I de fleste tilfælde kan vejnettet justeres i forbindelse med placering af de virtuelle portaler, sådan at de fejlagtige trafikmængder ikke får betydning for analysen. Der er imidlertid ikke gennemført en total kontrol af vejnettets beskaffenhed, så det fulde omfang af fejlene – samt konsekvenserne heraf – kendes ikke.

Der er endvidere konstateret en række u hensigtsmæssigheder ved vejnettet. Det skyldes hovedsageligt den store detaljeringsgrad, som betyder, at der ofte – især i forbindelse med motorvejskryds samt ved ind- og udfletninger – er mange flettende vejforbindelser med forskellige trafikmængder. Dette gør det vanskeligt at definere én unik vejstrækning af en vis minimumslængde mellem to knudepunkter.

## 4.2 Trafiktal

I Landstrafikmodellen er der som nævnt oplysninger om hverdagsdøgntrafik. Det antages, at der er en ligelig retningsfordeling af trafikken set over døgnet – altså at eksempelvis en HDT på 20.000 svarer til 10.000 køretøjer pr. retning pr. hverdagsdøgn.

Døgnfordelingen er lidt mere nuanceret. For de fem største indfaldsveje til København, hvor døgnvariationen formodes at være størst, er der på baggrund af fem MASTRA-tællinger (Tabel 1) beregnet en retningsbestemt timeandel for hver af døgnets timer (Bilag A). Disse timeandele ganges på døgntrafikken for hver enkelt delstrækning på de fem indfaldsveje, når forsinkelserne skal opskaleres. For alle øvrige delstrækninger anvendes et ikke-retningsbestemt gennemsnit af de fem tællinger (Bilag A).

Indfaldsvej	Tællested	Tælle tidspunkt
Køge Bugt Motorvejen	Mellem frakørsel 29 og 30 n.f. Karlslunde Rasteplads	November 2009
Holbækmotorvejen (øst for ring 4)	Ved frakørsel 1	November 2008
Holbækmotorvejen (vest for ring 4)	Mellem frakørsel 6 og 7a ved Bondehøjvej ved Sengeløse Mark	November 2010
Hillerødmotorvejen	Ved Fiskebækvej	April 2010
Helsingørmotorvejen	Ved frakørsel 12 (Vedbæk)	November 2010

Tabel 1 MASTRA-tællinger. Lokalitet og tidspunkt.

Trafiktallene fra MASTRA-tællingerne indeholder desuden timebaserede oplysninger om lastbil- og sættevognstrafik. Sammen med oplysninger om varebilandele (se nedenfor) muliggør disse oplysninger en opdeling af analysens resultater på køretøjstype, hvilket er nødvendigt i forhold til de samfundsøkonomiske beregninger.

Oplysninger om varebilandele er beregnet på baggrund af Danmarks Statistiks oplysninger om trafikarbejde<sup>2</sup>. Varebilers trafikarbejde i 2010 er sat i forhold til personbiler og taxiers trafikarbejde samme år, hvilket giver en varebilandel på 20,8 % af personbiltrafikken fra MASTRA-tællingerne.

### 4.3 GPS-data

COWI har siden 2007 haft et strategisk samarbejde med 3×34 Transport, som giver COWI mulighed for at anvende GPS-data fra alle transportfirmaets køretøjer til analyser af trafikken.

Køretøjernes positioner logges hvert femte sekund døgnet rundt. De loggede data lagres af transportfirmaets flådestyringssystem, hvorfra data hver dag løbende sendes til en server hos COWI og lagres i en database. Det betyder, at COWI efterhånden har opbygget en omfattende database med GPS-data, og til det aktuelle pro-

<sup>2</sup> <http://www.statistikbanken.dk/vej20>

jekt har der været adgang til data fra mere end 300 køretøjer i Hovedstadsregionen i beregningsperioden.

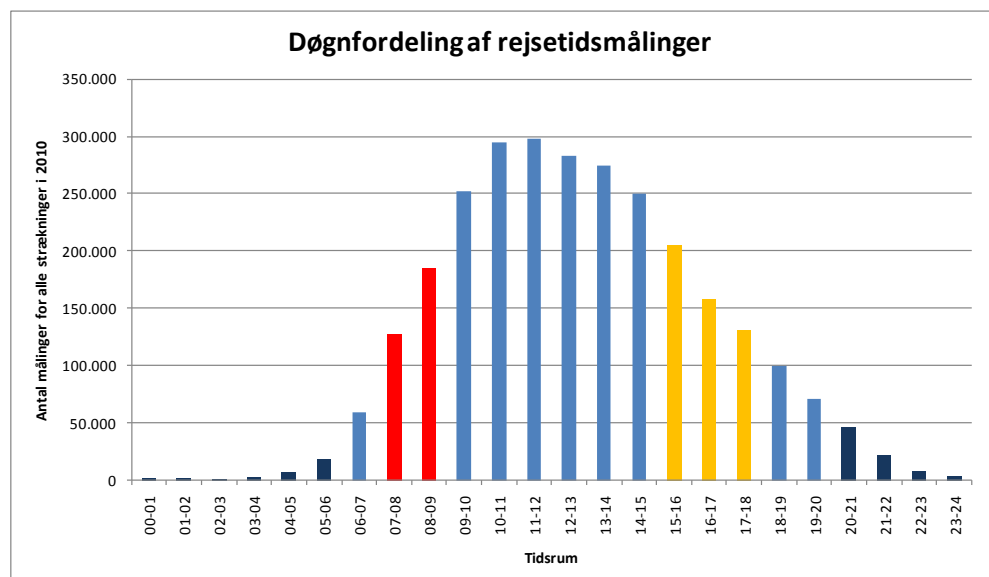
GPS-data er stillet til rådighed af 3x34 Transport - [www.3x34.dk](http://www.3x34.dk)


Trængslen opgøres som tidligere anført for normale hverdage i 2010. Unormale hverdage, hvor trafikmønstrene er anderledes, medtages ikke i analysen. Det drejer sig om alle ferie- og helligdage samt alle dage i januar, februar og december, hvor vintervejret har påvirket trafikken. Analysen er således baseret på data fra 145 dage.

Til analysen anvendes data fra køretøjer under 3,5 tons. Frasortering af tunge køretøjer skyldes deres lavere hastighedsbegrænsning på motorveje, som betyder at hastighedsmålinger fra disse køretøjer ikke bør blandes med de øvrige hastighedsmålinger.

*Bemærk at frasorteringen af data fra unormale hverdage og fra tunge køretøjer ikke sker i forbindelse med det initierende dataudtræk, men først i forbindelse med databehandlingen.*

Der anvendes data fra både betalte ture og ikke-betalte ture. At medtage ikke-betalte ture i beregningerne har den fordel, at datamængden øges betragteligt. Til gengæld har det også den ulempe, at disse rejsetidsmålinger fra disse ture ikke er ligeså nøjagtige, som fra de betalte ture. Det skyldes, at "svinkeærinder" såsom brændstofpåfyldning, besøg ved bageren, korte pauser og andre ærinder normalvis kun sker på ikke-betalte ture. I forbindelse med det konkrete projekt vurderes det, at fordelene ved den øgede datamængde overstiger ulemperne.



Figur 3 Døgnfordeling af rejsetidsmålinger for beregningsvejnettet i beregningsperioden. Der er flest målinger midt på dagen, og mellem 11 og 12 er der ca. dobbelt så mange målinger som i en time i myldretiderne (markeret med rød og gul).



Som det fremgår af Figur 3, har køretøjerne fra 3×34 generelt flest køreture midt på dagen. Således er der her ca. dobbelt så mange målinger pr. time, end der er i myldretiderne.

De fleste af 3×34's kørsler foregår i det storkøbenhavnske område. På mange strækninger i yderområderne af Hovedstadsregionen er antallet af rejsetidsmålinger derfor ikke ret stort, og på nogle strækninger er der i myldretiderne slet ingen målinger.

## Usikkerheder

Når der benyttes data fra en så lang periode, som der her er tale om, vil der givetvis være nogle strækninger, hvor forholdene ændrer sig i løbet af perioden – det kan være både den skilte hastighed og muligheden for at køre hurtigt, og det kan være enten kortvarigt eller permanent. I alle tilfælde vil ændringen have betydning for det beregnede rejsehastighedsindeks – enten fordi at den gennemsnitlige rejsehastighed er påvirket af ændringer, eller fordi at den skilte hastighed i beregningerne ikke kan antage mere end én værdi.

Foruden usikkerhederne i de anvendte metoder er der også en vis unøjagtighed knyttet til GPS. Dette har dog – ved den anvendte beregningsmetode – hovedsageligt den betydning, at nogle af de foretagne køreture ikke kommer med i beregningerne, fordi GPS-positioneringen er for unøjagtig, og køretøjerne derfor registreres som kørende uden for projektets vejnet.

## 4.4 Kommunekort

Til at opdele beregningsresultaterne på geografi anvendes kommunegrænserne. Til det formål er et GIS-tema fra det såkaldte DAGI-datasæt downloadet fra Kort & Matrikelstyrelsens hjemmeside<sup>3</sup> den 22. december 2011.

## 5 Metode

I dette afsnit redegøres der for den metode, der er anvendt til opgørelse af trængsel og beregning af samfundsøkonomiske omkostninger.

### 5.1 Opgørelse af trængsel

COWI har udviklet en metode og et tilhørende computerprogram, som på grundlag af GPS-data kan beregne rejsehastighederne på delstrækninger i et vejnet. Dette er grundlaget for analyserne i denne rapport.

De enkelte steps i metoden gennemgås i det følgende.

#### 5.1.1 Forberedelse af vejnet og virtuelle portaler

Førend selve beregningerne kan påbegyndes, skal vejnettet klargøres, og der skal placeres såkaldte *virtuelle portaler* i alle knudepunkter.

---

<sup>3</sup> [www.kms.dk/Produktkatalog/DAGI/](http://www.kms.dk/Produktkatalog/DAGI/)

Trafikmodelvejnettet består af et stort antal delstrækninger, som overordnet set støder op til hinanden på følgende måder:

- 1 I knudepunkter, hvor tre eller flere delstrækninger mødes.
- 2 I punkter på veje, hvor trafikmængde ændres (typisk ved sideveje, som ikke er med i trafikmodellen).
- 3 I punkter på veje, hvor antallet af vejbaner og dermed kapacitet ændres.
- 4 I punkter på veje, hvor intet af ovenstående gælder, og hvor der tilsyneladende heller ikke er andre ændringer i vej- eller trafikforhold.

Af hensyn til beregningerne af forsinkelser er pkt. 1 og 2 ganske hensigtsmæssige, men pkt. 3 og 4 har ikke nogen positiv funktion for opgaven og betyder blot, at der kommer rigtig mange korte delstrækninger.

Trin 1 Derfor er nabo-delstrækninger, som støder op til hinanden efter principperne i pkt. 3 og 4, kombineret til én delstrækning. I praksis er dette sket automatisk i Excel, hvor vejnettet er importeret (fra MapInfo's MIF-format). Herefter tjekker en VBA-kode alle delstrækninger for at se, om de i begge ender af strækningen støder op til én (og kun én) delstrækning med samme trafikmængde. Hvis det er tilfældet, kombineres de to delstrækninger, og der skrives en sektion til en ny MIF-fil, som efterfølgende kan importeres i MapInfo.

Trin 2 Hele det kombinerede vejnet er gennemgået manuelt i MapInfo for at fjerne de delstrækninger, der ikke er reelle strækninger (f.eks. vejforbindelser på kryds og tværs i store kryds), eller er så korte, at usikkerheden på beregningen af forsinkelserne vil være for stor (f.eks. svingbaner i kryds, cirkulationsareal i rundkørsler eller den korte strækning mellem to forsatte T-kryds). Samtidig er de omkringliggende delstrækninger justeret, så sammenhængen i vejnettet er blevet bevaret.

I samme forbindelse er de fejl og uhensigtsmæssigheder i vejnettet (som tilfældigvis blev opdaget) blevet korrigeret.

Det endelige vejnet består af 6.106 enkeltrettede delstrækninger, hvoraf de fleste har en parallel strækning i modsatte retning.

Trin 3 Efter at vejnettet ved den manuelle gennemgang er blevet forenklet og rensat for fejl, er de virtuelle portaler automatisk oprettet i alle knudepunkter i vejnettet. Herefter er alle portaler gennemgået manuelt i MapInfo for at tjekke, om de havde en passende størrelse og form – dvs. godt og vel dækkede vejarealet i knudepunktet og havde en bredde, der gør, at et køretøj, der kører med den tilladte hastighed plus et mindre (ikke nærmere defineret) tillæg, er mindst et sekund om at passere portalen. Hvis portalerne ikke opfyldte dette, blev de justeret.

Alle portaler har et unikt sekscifret ID, som anvendes til at navngive delstrækningerne. Navngivningen sker ved at sammensætte de seks cifre fra start-portalen med de seks cifre fra slut-portalen, så delstrækningens ID'et bliver et 12-cifret tal. Ganske få steder er vejnettet både så komplekst og tæt, at det ikke er muligt at skelne to parallelle delstrækninger fra hinanden. I de tilfælde løber delstrækningerne mellem

samme portaler og får derfor samme delstræknings ID. Dette er som udgangspunkt uheldigt, da ID'et skulle være unikt, men ved også at se på strækningslængden (som for de to delstrækninger afviger ganske lidt fra hinanden) kan strækningerne identificeres helt unikt.

Der er i alt oprettet 2.211 virtuelle portaler.

#### Trin 4

Der laves en TXT-fil – den såkaldte "topologi" – med oplysninger om alle delstrækninger. Filen indeholder tre kolonner: Startportal ID, slutportal ID og delstrækningslængde (målt langs vejnettet i MapInfo mellem centrum af portalerne). Desuden eksporteres GIS-temaet med portalerne fra MapInfo i MIF-format. Begge filer skal bruges af computerprogrammet til beregning af rejsetider.

Desuden genereres et GIS-tema med en buffer, som ligger omkring beregningsvejnettet. Denne buffer anvendes af computerprogrammet til at frasortere de GPS-data, som er logget uden for beregningsvejnettet. På den måde undgås at medregne køreture, som ikke er foretaget ad den "rigtige rute" mellem to portaler (dvs. på den delstrækning, som rejsetiden ønskes målt på). I dette projekt er der anvendt en radius på bufferen på 30 meter, således at mindre unøjagtigheder i GPS-positioneringen ikke medfører, at en køretur udelukkes fra beregningerne. Bufferen eksporteres i MIF-format.

### 5.1.2 Behandling af GPS-data

Når forberedelserne er gennemført, er alt klar til beregning i computerprogrammet.

#### Input

Programmet har behov for følgende fire input-filer:

- 1 GPS-data (TXT-fil med udtræk fra database)
- 2 Virtuelle portaler (MIF-fil fra MapInfo)
- 3 Topologi (TXT-fil som beskriver sammenhængene mellem portalerne)
- 4 Buffer omkring vejnet (MIF-fil fra MapInfo)

#### Beregninger

Computerprogrammet gennemløber først alle GPS-data for at frasortere de logninger, som ligger uden for beregningsvejnettet (bufferen).

Herefter sorteres alle logninger kronologisk og efter Bilnummer, således at logningerne kan opdeles i ture. Dette sker ved at gennemløbe de sorterede data og tjekke, om to på hinanden følgende logninger fra samme køretøj er sket inden for 30 sekunder. Hvis dette er tilfældet, knyttes logningerne til samme tur. En tur kan således afbrydes, enten ved at et køretøj slukker motoren og stopper logninger, eller ved at køretøjet kører uden for beregningsvejnettet.

Dernæst tilføjes fire såkaldte "pseudo-logninger" mellem hver af de originale logninger. Pseudo-logningerne placeres geografisk og tidsmæssigt vha. interpolation, således at datasættet fremstår som om, at der er logget hvert sekund i stedet for hvert femte sekund, som det sker i køretøjerne fra 3×34 Transport. Dette gøres, for at de virtuelle portaler kan gøres mindre og stadig registrerer de gennemkørende biler, hvilket øger nøjagtigheden i beregningerne.

Når de indledende procedurer er gennemført, gennemløbes alle data for hver køretur for at kontrollere, om en tur er foregået mellem to virtuelle portaler, som ligger i hver ende af en delstrækning. Hvis det er tilfældet, registreres dette som en rejsetidsmåling, hvor rejsetiden beregnes som forskellen mellem tidspunktet for seneste logning i den første portal og tidspunktet for seneste logning i den anden portal. Ved at gøre sådan medregnes eventuel forsinkelse i vejkryds ved slutportalen, men *ikke* ved startportalen.

For hver rejsetidsmåling foretages endvidere – på baggrund af de enkelte GPS-logninger – en beregning af den kørte distance mellem de to portaler (som kan variere fra tur til tur, alt efter hvor de sidste logninger sker i de to portaler). Dette udnyttes til at beregne en rejsehastighed, som er mere præcis end den rejsehastighed, der kan beregnes ud fra den målte strækningslængde, som er defineret i topologi-filen. Desuden anvendes den kørte distance til senere at frasortere de rejsetidsmålinger, som er foretaget på ture, hvor den kørte distance afviger væsentligt fra den målte strækningslængde. Herved undgås bl.a. at medregne nogle af de ikke-betalte ture, hvor chaufføren har haft svinkeærinder.

## Output

Computerprogrammet opretter en TXT-fil med en række for hver rejsetidsmåling. Hver række indeholder følgende væsentlige oplysninger:

- › Delstrækning ID (DELSTR\_ID)
- › Bilnummer (BILNR)
- › Køretøjstype (BIL\_TYPE)
- › Dato og tid for passage af start-portal (AFGANG\_KNUDE\_FRA)
- › Dato og tid for passage af slut-portal (AFGANG\_KNUDE\_TIL)
- › Rejsetid = forskel mellem de to ovenstående (REJSETID\_SEK)
- › Målt distance som angivet i topologi-filen (DISTANCE\_I\_METER)
- › Hastighed = målt distance / rejsetid (HASTIGHED\_KM/T)
- › Kørt distance mellem start- og slut-portal (KOERT\_DISTANCE\_METER)
- › Hastighed = kørt distance / rejsetid (KOERT\_HASTIGHED\_KM/T)

### 5.1.3 Beregning af middelhastigheder og free flow

Efterfølgende er outputtet fra computerprogrammet lagret i en database, og der er oprettet en kolonne med uge-nummer (Ugenr) og et unikt ID (UNIQUE\_ID) til hver række til brug for de senere beregninger.

I samme database er der oprettet en tabel, som for hver dato i 2010 angiver, om køreture de pågældende dag skal medregnes i analysen. Kolonnerne er DATO og BENYTTES (kan have værdien 0 (benyttes ikke) eller 1 (benyttes i analysen)).

Desuden er der i databasen også en tabel med samme data som i topologi-filen, dvs. delstræknings id og distance. Kolonnerne er DELSTR\_ID og LENGTH. Dog er der tilføjet et unikt løbenummer (LØBENUMMER).

Fra databasen foretages fem udtræk, som henter følgende (samt andre mindre væsentlige) værdier ud af tabellerne for hver enkelt delstrækning:

- › 90 % fraktil af målte hastigheder over døgnet (free flow) samt antal målinger

- › Median af målte hastigheder i morgenmyldretiden samt antal målinger
- › Median af målte hastigheder i eftermiddagsmyldretiden samt antal målinger
- › Median af målte hastigheder i øvrige dagtimer samt antal målinger
- › Median af målte hastigheder i aften- og nattetimer samt antal målinger

I forbindelse med udtrækkene frasorteres rejsetidsmålinger med stor distanceafvigelse samt målinger fra unormale hverdage og fra tunge køretøjer.

SQL-forespørgslen kan ses i Bilag B.

I alt er der udført 2.802.569 rejsetidsmålinger for beregningsvejnettet i beregningsperioden.

#### 5.1.4 Beregning af forsinkelser og trængselsniveauer

Databaseudtrækkene indsættes i Excel, hvor de endelige beregninger foretages.

På grundlag af free flow hastighederne<sup>4</sup> og middelhastighederne for hvert af de fire tidsrum beregnes for hver delstrækning henholdsvis en referencerejsetid (free flow) og fire middelerejsetider. Herudfra beregnes fire middelforsinkelser som forskellene mellem middelerejsetiderne og referencerejsetiden.

Desuden beregnes for hver enkelt delstrækning et rejsehastighedsindeks som forholdene mellem middelhastighederne og free flow hastigheden<sup>4</sup>. Trængselsniveauerne fastlægges herefter på grundlag af definitionen i afsnit 3.1.

I de tilfælde, hvor der ikke er nogen rejsetidsmålinger i det pågældende tidsrum, regnes med en forsinkelse på nul og et rejsehastighedsindeks på 100 % (svarende til "ubetydelig og begyndende trængsel"). Dette er tilfældet for 485 delstrækninger i morgenmyldretiden, for 190 delstrækninger i eftermiddagsmyldretiden, for 67 delstrækninger i øvrige dagtimer samt for 1.239 strækninger i aften- og nattetimerne. I alt er der 1.355 delstrækninger, hvor der i mindst ét af de fire tidsrum *ikke* er nogen rejsetidsmålinger.

De beregnede middelforsinkelser opregnes til totale forsinkelser på døgnniveau ved at gange med de trafikmængder – opdelt på personbiler, varebiler og lastbiler – der er på de enkelte delstrækninger i hvert tidsrum. Se nærmere forklaring i afsnit 4.2.

#### 5.1.5 Aggregering

For at give et nuanceret billede af trængselsituationen, aggregeres forsinkelserne på forskellige måder:

---

<sup>4</sup> Hvis free flow hastigheden for en delstrækning er højere end den maksimale skilte hastighed, benyttes i stedet denne (se forklaring i afsnit 4.1).

- › Køretøjstype (person-, vare- og lastbiler)
- › Vejtype (motorveje, øvrige statsveje og kommuneveje)
- › Geografi (centralkommunerne og øvrige kommuner)
- › Trængselsniveau (ubetydelig, stor og kritisk trængsel).

Desuden opgøres, hvor stor en del af vejnettet (i kilometer) der er udsat for de forskellige niveauer af trængsel, samt hvor mange forsinkelsestimer hvert af trængselsniveauerne er årsag til.

Endelig udarbejdes et kort, som for udvalgte vejstrækninger viser trængselsniveauerne med røde, gule og grønne farver.

## 5.2 Samfundsøkonomiske omkostninger

I denne analyse af trængsel anvendes en tilgang, hvor det alene er merforbruget af tid som følge af reduceret fremkommelighed for de bilister, der kører på vejstrækninger med trængsel, der opgøres.

Dette er imidlertid kun den direkte effekt af trængsel. Trængslen medfører også indirekte effekter, fordi den får nogle trafikanter til at ændre adfærd. Nogle trafikanter ændrer således rute, destination, tidspunkt for turen, transportmiddel eller vælger helt at aflyse turen. Dette er også forbundet med samfundsøkonomiske tab.

Der er således en række afledte effekter af trængsel, som ikke direkte kan måles i trafiknettet ved en simpel beregning på trafikmængder og rejsehastigheder, men alene kan opgøres vha. modelberegninger. Dette har ikke været en del af projektet og derfor opgøres de afledte konsekvenser ikke i denne analyse. Det betyder at der opereres med en implicit antagelse om, at trafikanterne ikke ændrer adfærd pga. trængsel. Det er således alene merforbruget af rejsetid som opgøres.

Det skal i øvrigt bemærkes, at der desuden formodes at være en række andre afledte økonomiske konsekvenser af trængslen, f.eks. ved at virksomheder får mindre adgang til arbejdskraft eller ved at forøgede transportomkostninger påvirker erhvervslivets konkurrenceevne mv. Derudover kan der være påvirkning i forhold til antal trafikuheld, støj, emissioner og barriereeffekt. Heller ingen af disse effekter er imidlertid medtaget i værdisætningen af trængslen i dette projekt.

Det ekstra tidsforbrug, der opgøres som følge af trængsel er imidlertid klart den største effekt af trængsel. Det viser modelberegninger som har været gennemført i andre sammenhænge<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> I Projekt Trængsel viste en beregning f.eks. at de indirekte effekter af ændret rutevalg udgjorde blot ca. 0,1% af de samlede effekter mens de direkte effekter udgjorde resten.

### 5.2.1 Værdisætning af trængsel-effekter

Trængslen opgjort i timer skal omregnes til en samfundsøkonomisk værdi for at udtrykke det samfundsøkonomiske tab, der er forbundet med den beregnede forsinkelse. Forsinkelsen kan værdisættes med brug af de officielle tidsværdier fra Transportøkonomiske Enhedspriser<sup>6</sup>.

#### Persontrafik

I Transportøkonomiske Enhedspriser differentieres der mellem turformål og køretøjskategorier. Tabel 2 nedenfor viser de anvendte tidsværdier for persontrafik.

Tabel 2 Tidsværdier for persontrafik i 2012, persontimer (2012 priser)

kr. per persontime	Bolig-arbejde	Erhverv*	Andet	Vægtet snit
<b>Bilister</b>				
Køretid	82	346	82	101
Forsinkelsestid	123	519	123	152

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

Anm.: Tidsværdier er fremskrevet med prisudvikling og udvikling i BNP til 2012 priser i år 2012.

Priserne er udtrykt i markedspriser.

Tidsværdierne gælder alle på 18 år eller derover. For børn og unge under 18 år anvendes den halve tidsværdi.

Som det fremgår af Tabel 2 er der forskellige værdier for erhverv og de øvrige turformål. Det vægtede gennemsnit over de forskellige turformål er beregnet på baggrund af den generelle fordeling af transportarbejdet på turformål, jf. Tabel 3 nedenfor.

Tabel 3 Transportarbejdets fordeling på turformål

i %	Bolig-arbejde	Erhverv	Andet	Sum
Kollektive rejsende	43,8%	5,4%	50,7%	100,0%
Bilister	23,4%	7,3%	69,3%	100,0%

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

De tidstab som opgøres i beregningerne er udtrykt i køretøjstimer for biler. Der er derfor brug for en omregning fra persontimer til køretøjstimer med brug af gennemsnit belægningsgrader. De anvendte belægningsgrader fremgår af Tabel 4 nedenfor.

Belægningsgraderne er som udgangspunkt beregnet på baggrund af transportarbejdet og antallet af passagerer i Transportvaneundersøgelsen.

<sup>6</sup> Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

Tabel 4 Belægningsgrad for personer (antal personer per køretøj)

Personer pr. køretøj	Bolig-arbejde	Erhverv	Andet	Vægtet snit
Personer over 18	1,10	1,17	1,35	1,28
Personer under 18	0,02	0,01	0,33	0,23
Belægningsgrad, biler	1,12	1,18	1,68	1,51
Belægningsgrad, til tidsværdier	1,11	1,18	1,51	1,39

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

Anm.: I belægningsgraden til tidsværdier tæller unge under 18 med 50%

Den samlede belægningsgrad i personbiler inkl. børn skønnes at være 1,51 personer per bil. Når der tages højde for, at tidsværdier for børn og unge under 18 år kun vægtes med 50%, bliver den anvendte belægning 1,39 på tværs af formålsopdelingerne.

De opgjorte tidsværdier udtrykt per køretøjstime fremgår af Tabel 5 nedenfor.

Tabel 5 Tidsværdier for persontrafik i 2012, køretøjstimer (2012 priser)

kr. per køretøjstime	Bolig-arbejde	Erhverv	Andet	Vægtet snit
<b>Bilister</b>				
Køretid	91	406	124	141
Forsinkelsestid	137	609	186	212

Da den opgjorte trængsel fortolkes som forsinkelsestid anvendes tidsværdierne for forsinkelse som udgangspunkt i beregningerne. Det betyder således, at der er anvendt en tidsværdi på 212 kr./køretøjstime for biler.

## Varebiler

Tabel 6 nedenfor viser de anvendte tidsværdier for varebiler.

Tabel 6 Tidsafhængige omkostninger for varebiler i 2012, køretøjstimer (2012 priser)

Kr. per time	Tidsafh kørselsomk	Ved forsinkelse
Omkostninger inkl. afgifter	313	439

Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

Anm.: Priserne er udtrykt i markedspriser.

Der er således anvendt en tidsværdi på 439 kr./køretøjstime for varebiler.

## Lastbiler

Tabel 6 nedenfor viser de anvendte tidsværdier for lastbiler.

Tabel 7 Tidsafhængige omkostninger for lastbiler i 2012, køretøjstimer (2012 priser)

Kr. per time	Tidsafh kørselsomk	Ved forsinkelse
Omkostninger inkl. afgifter	432	604



Kilde: Transportøkonomiske Enhedspriser vers 1.3 jul10.xls

Anm.: Priserne er udtrykt i markedspriser.

Der er således anvendt en tidsværdi på 604 kr./køretøjstime for lastbiler.

Trafikarbejdets for-  
deling

Forsinkelsen er opgjort per køretøj ud fra data om hverdagsdøgntrafikken. For at få opdelt forsinkelsen på personbiler, varebiler og lastbiler er der anvendt en fast antagelse om fordelingen af trafikarbejdet på personbiler, varebiler og lastbiler. Den anvendte fordeling fremgår af tabellen nedenfor.

Tabel 8 Fordelingsnøgle for hverdagsdøgntrafik på køretøjer

Køretøjstimer	Morgenspidsperiode	Eftermiddagsspidsperiode	Øvrige dagtimer
Personbiler	73,5%	74,9%	70,6%
Varebiler	19,3%	19,7%	18,5%
Lastbiler	7,1%	5,4%	10,9%

Kilde: Egne beregninger på basis af anvendte MASTRA data i afsnit 4.2

Opregning til årstrafik

Trængslen er opgjort per hverdagsdøgn. For at opregne for året totalt set er der anvendt en opregningsfaktor på 230. Dette svarer omtrent til det antal arbejdsdage der var i år 2010. Dette betyder, at der er anvendt en implicit antagelse om, at der ikke er trængsel i weekenden.

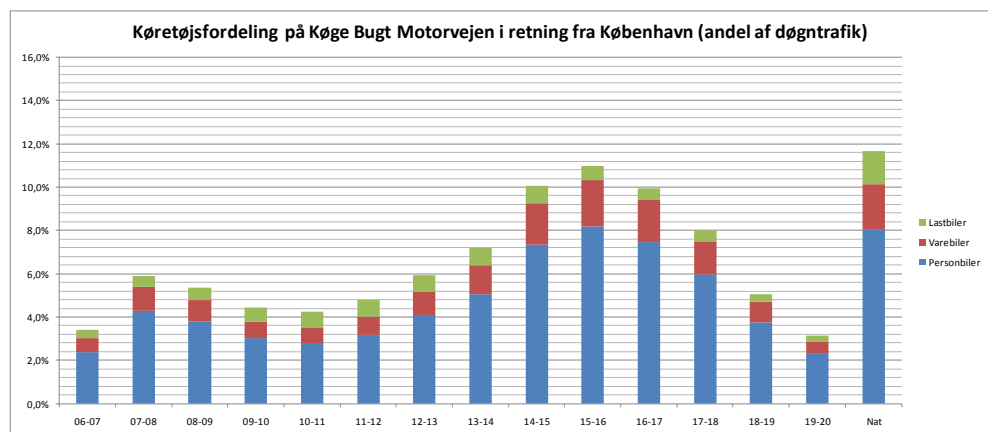
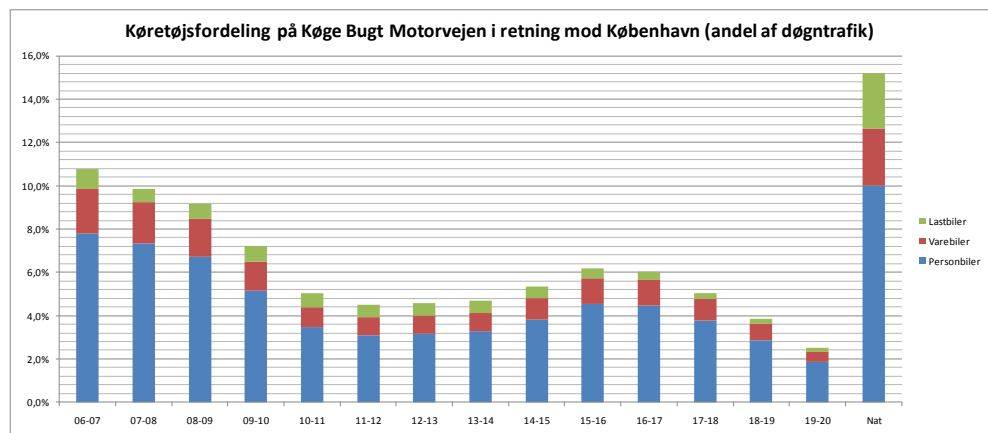
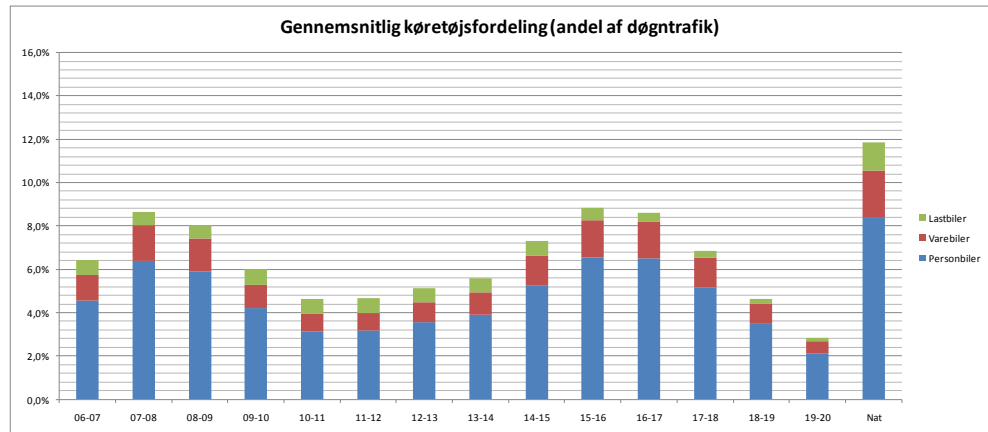
## 6 Referencer

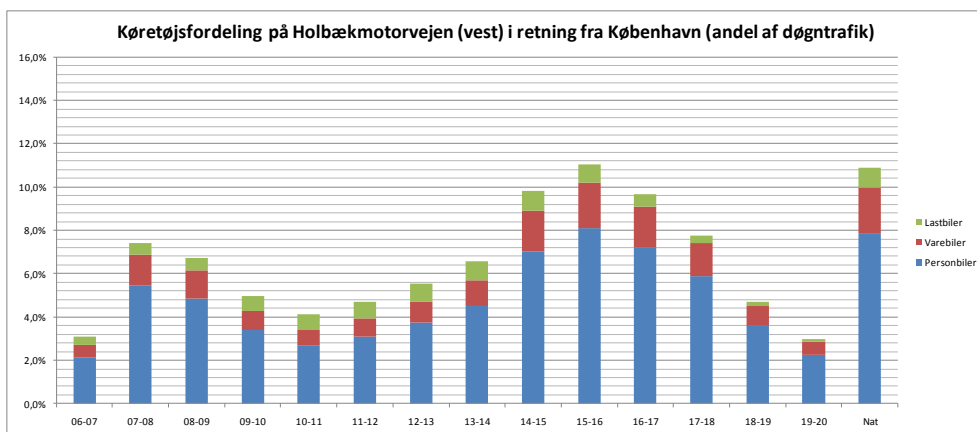
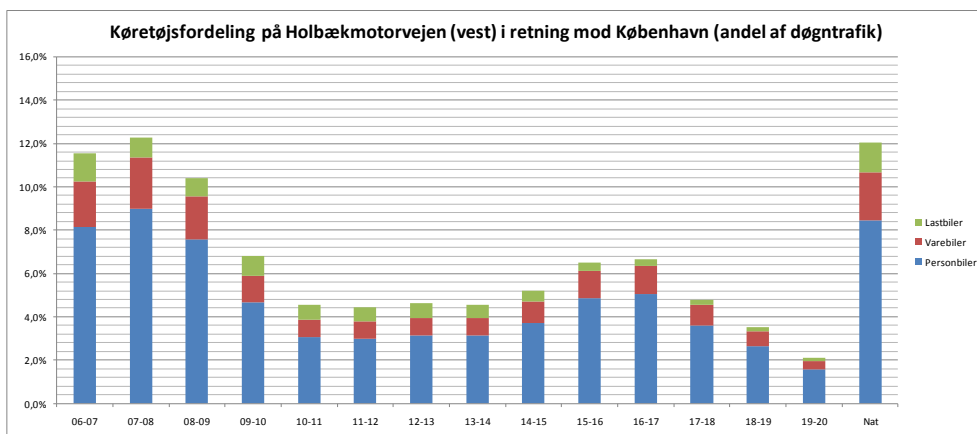
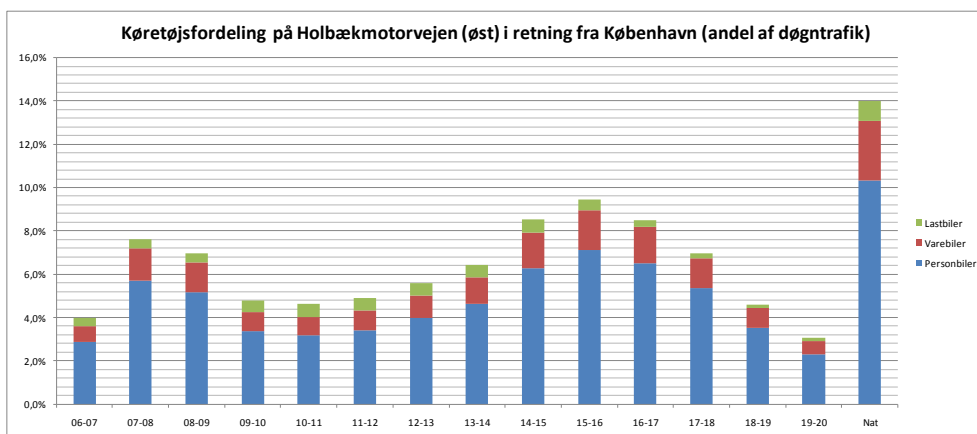
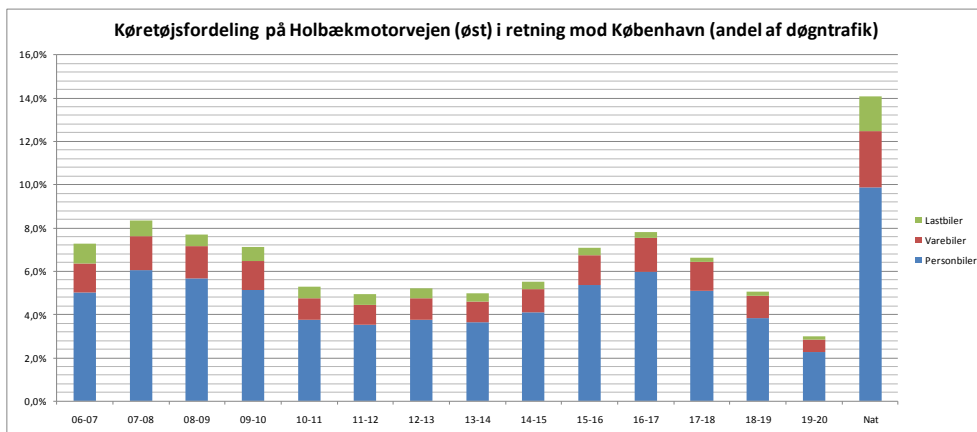
Trafikministeriet, 2004: *Projekt Trængsel*, Hovedrapport, COWI m.fl. for Trafikministeriet, april 2004.

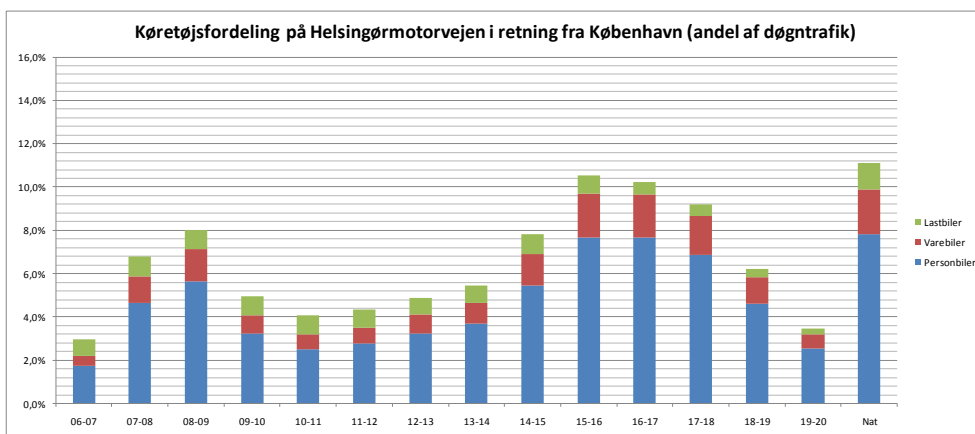
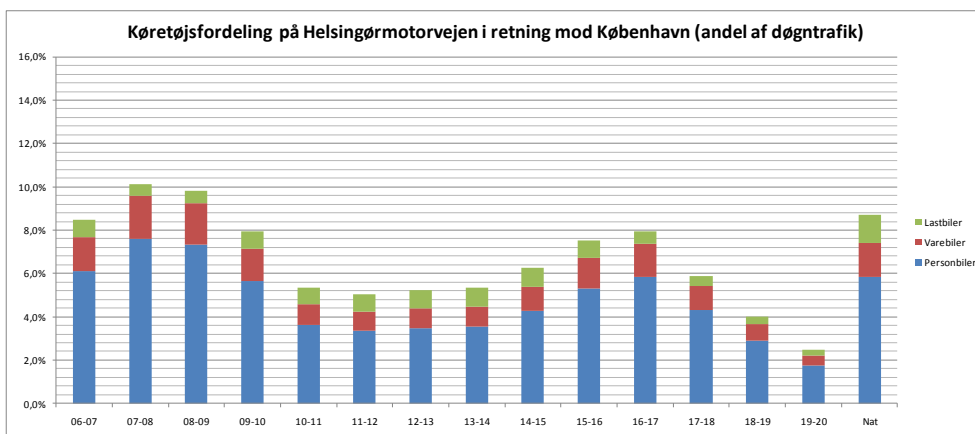
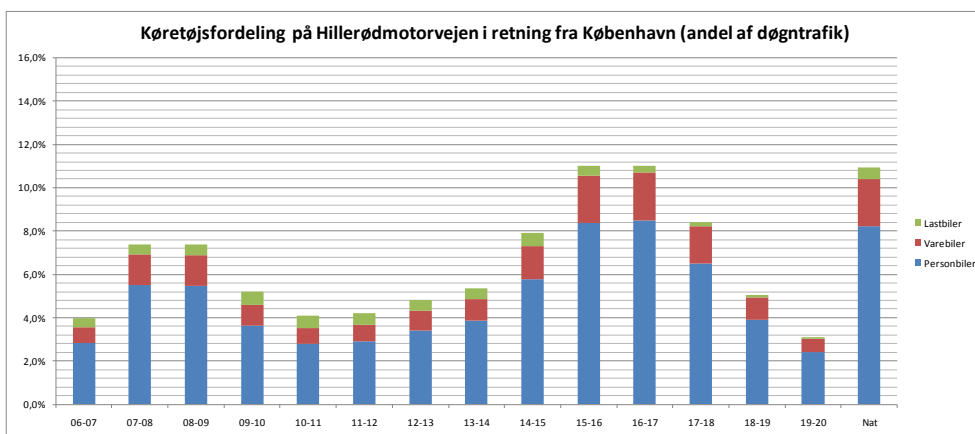
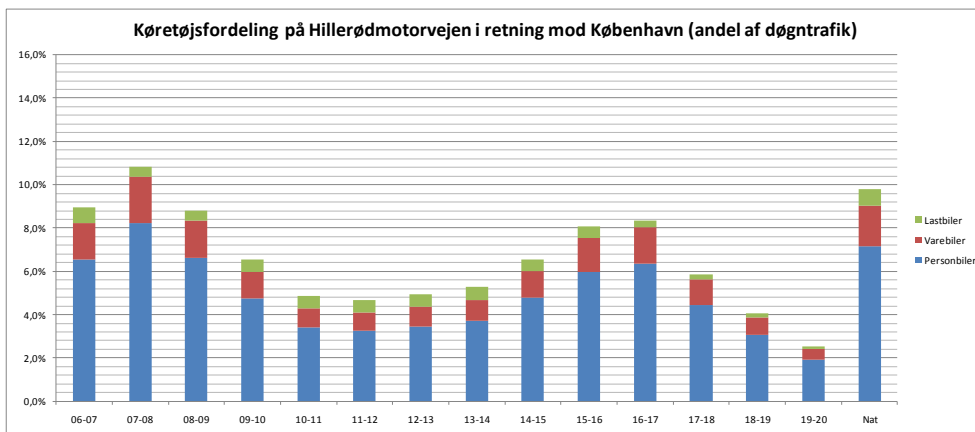
Trafikministeriet, 2004: *Projekt Trængsel*, Resumé, COWI m.fl. for Trafikministeriet, april 2004.

## Bilag A Døgnfordelingskurver

På de følgende sider findes døgnfordelingskurver for først en gennemsnitlig ikke-retningsbestemt trafik og dernæst retningsopdelt for trafikken på de fem største indfaldsveje til København.







## Bilag B SQL-forespørgsel

```

DECLARE @percentile FLOAT, @starttime1 INTEGER, @starttime2 INTEGER, @starttime3 INTEGER, @endtime1 INTEGER,
@endtime2 INTEGER, @endtime3 INTEGER
-- VÆLG ÆN AF DE FEM FØLGENDE BEREGNINGER VED AT FJERNE "--":
SELECT @percentile = 0.9, @starttime1 = 0, @endtime1 = 24, @starttime2 = 0, @endtime2 = 24, @starttime3
= 0, @endtime3 = 24 -- 90% fraktil, døgnet
-- SELECT @percentile = 0.5, @starttime1 = 7, @endtime1 = 9, @starttime2 = 7, @endtime2 = 9, @starttime3
= 7, @endtime3 = 9 -- Median, morgen
-- SELECT @percentile = 0.5, @starttime1 = 15, @endtime1 = 18, @starttime2 = 15, @endtime2 = 18, @starttime3
= 15, @endtime3 = 18 -- Median, eftermiddag
-- SELECT @percentile = 0.5, @starttime1 = 6, @endtime1 = 7, @starttime2 = 9, @endtime2 = 15, @starttime3
= 18, @endtime3 = 20 -- Median, dag
-- SELECT @percentile = 0.5, @starttime1 = 0, @endtime1 = 6, @starttime2 = 20, @endtime2 = 24, @starttime3
= 20, @endtime3 = 24 -- Median, nat

SELECT TOPOLOGI.Løbenummer, TOPOLOGI.DELSTR_ID, TOPOLOGI.Length, TEMPTABLE_1.ANTAL, TEMPTABLE_1.RankValue,
TEMPTABLE_1.Hastighed, @percentile AS PERCENTILE,
@starttime1 AS START1, @endtime1 AS SLUT1, @starttime2 AS START2, @endtime2 AS SLUT2, @starttime3 AS
START3, @endtime3 AS SLUT3, GETDATE() AS Udtræk_tidspunkt
FROM [HASTANALYSE].[COWI\SIBO].[TOPOLOGI]

LEFT JOIN ( -- BEGINNING LEFT JOIN #1
SELECT
DATA.DELSTR_ID,
DATA.DISTANCE_I_METER,
TEMPTABLE_2.ANTAL,
ROUND([KOERT_HASTIGHED_KM/T], 2) AS Hastighed,
ROW_NUMBER() OVER (PARTITION BY DATA.DELSTR_ID, DATA.DISTANCE_I_METER ORDER BY
[KOERT_HASTIGHED_KM/T]) AS RankValue, -- En strækning er unikt identificeret ved DELSTR_ID og DISTANCE_I_METER
(Length)
CASE WHEN @percentile = 1 THEN TEMPTABLE_2.ANTAL ELSE ROUND((@percentile * TEMPTABLE_2.ANTAL +
0.5), 0) END AS n
FROM [HASTANALYSE].[COWI\SIBO].[DATA]

LEFT JOIN ( -- BEGINNING LEFT JOIN #2
SELECT
DELSTR_ID,
DISTANCE_I_METER,
COUNT(*) AS ANTAL
FROM [HASTANALYSE].[COWI\SIBO].[DATA]
WHERE [BIL_TYPE] Between 1 and 4 -- medtager kun køretøjer under 3,5 tons
and not ([BIL_TYPE] = 4 and BILNR = 3042) -- frasorterer data fra en bil (nr 3042, type 4), hvor
der er påvist fejl i GPS-data
and abs([KOERT_DISTANCE_AFVIGELSE_METER]) <= 200 -- frasorterer rejsetider fra ture, der afvi-
ger mere end 200 meter fra den korrekte distance
and abs([KOERT_DISTANCE_AFVIGELSE_PROCENT]) <= 20 -- frasorterer rejsetider fra ture, der afvi-
ger mere end 20 % fra den korrekte distance
and Datepart(YEAR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) * 10000 + Datepart(MONTH,
[DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) * 100 + Datepart(DAY, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) in (
SELECT Datepart(YEAR, [Dato]) * 10000 + Datepart(MONTH, [Dato]) * 100 + Datepart(DAY, [Da-
to])
FROM [HASTANALYSE].[COWI\SIBO].[KALENDER]
WHERE Benyttes = 1) -- frasorterer rejsetider på atypiske dage
and ( Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime1 and @endtime1 - 1
or Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime2 and @endtime2 - 1
or Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime3 and @endtime3 - 1 )
GROUP BY DELSTR_ID, DISTANCE_I_METER
) -- FINISHING LEFT JOIN #2

AS TEMPTABLE_2
ON DATA.DELSTR_ID = TEMPTABLE_2.DELSTR_ID and DATA.DISTANCE_I_METER = TEMPTABLE_2.DISTANCE_I_METER -- En
strækning er unikt identificeret ved DELSTR_ID og DISTANCE_I_METER (Length)
WHERE [BIL_TYPE] Between 1 and 4 -- medtager kun køretøjer under 3,5 tons
and not ([BIL_TYPE] = 4 and BILNR = 3042) -- frasorterer data fra en bil (nr 3042, type 4), hvor der
er påvist fejl i GPS-data
and abs([KOERT_DISTANCE_AFVIGELSE_METER]) <= 200 -- frasorterer rejsetider fra ture, der afviger
mere end 200 meter fra den korrekte distance
and abs([KOERT_DISTANCE_AFVIGELSE_PROCENT]) <= 20 -- frasorterer rejsetider fra ture, der afviger
mere end 20 % fra den korrekte distance
and Datepart(YEAR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) * 10000 + Datepart(MONTH, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) *
100 + Datepart(DAY, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) in (
SELECT Datepart(YEAR, [Dato]) * 10000 + Datepart(MONTH, [Dato]) * 100 + Datepart(DAY, [Dato])
FROM [HASTANALYSE].[COWI\SIBO].[KALENDER]
WHERE Benyttes = 1) -- frasorterer rejsetider på atypiske dage
and ( Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime1 and @endtime1 - 1
or Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime2 and @endtime2 - 1
or Datepart(HOUR, [DATA].[AFGANG_KNUDE_FRA]) Between @starttime3 and @endtime3 - 1 )
) -- FINISHING LEFT JOIN #1

AS TEMPTABLE_1
ON TOPOLOGI.DELSTR_ID = TEMPTABLE_1.DELSTR_ID and TOPOLOGI.Length = TEMPTABLE_1.DISTANCE_I_METER -- En stræk-
ning er unikt identificeret ved DELSTR_ID og DISTANCE_I_METER (Length)
WHERE RankValue = n
ORDER BY TOPOLOGI.Løbenummer

```